



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**

**Metodología del análisis y diagnóstico del estado del  
aislamiento sólido de los transformadores de potencia  
mediante el análisis de grado de polimerización**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista**

**AUTOR**

**César Eduardo PÉREZ NICHÓ**

**ASESOR**

**Héctor FELIPE CUBILLAS**

**Lima, Perú**

**2017**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Pérez, C. (2017). *Metodología del análisis y diagnóstico del estado del aislamiento sólido de los transformadores de potencia mediante el análisis de grado de polimerización*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

**ACTA DE SUSTENTACION N° 001-VDAC-UMRAGT-FIEE/2017**

**TESIS N° 001-FIEE/2017 PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO ELECTRICISTA ✓**

Los suscritos Miembros de Jurado, nombrados por la Dirección de Escuela de Ingeniería Eléctrica de acuerdo a la Resolución Rectoral N.º 00486-R-13 de fecha 31 de enero del 2013, reunidos en la fecha, bajo la Presidencia del Ing. José Agustín Medina Ramírez e integrado por los Ingenieros: Hipólito Rodríguez Casavilca, Alfredo Rocha Jara y el Ing. Héctor Felipe Cubillas (Miembro - Asesor)

Después de escuchar la Sustentación de Tesis del Graduado Bach. **PÉREZ NICO, César Eduardo (10190254)**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista por la modalidad de Titulación Ordinaria, expuso su TESIS **"METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL AISLAMIENTO SÓLIDO DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE GRADO DE POLIMERIZACIÓN"**.

Se acordó... **APROBAR** ...por... **UNANIMIDAD** ...

Con la Nota de... **DIECISIETE (17)** ... ( )

Ciudad Universitaria, 09 de Enero del 2017 ✓

Ing. José Agustín Medina Ramírez  
Presidente de Jurado

Ing. Alfredo Rocha Jara  
Miembro de Jurado

Ing. Hipólito Rodríguez Casavilca  
Miembro de Jurado

**AUSENTE**

Ing. Héctor Felipe Cubillas  
Miembro de Jurado-Asesor

Mg. Víctor Manuel Cruz Ornela  
Decano FIEE - UNMSM



Ing. Víctor Edmundo Alva Saldaña  
Director (e) de la ETEL



## RESUMEN

En la actualidad los transformadores de potencia constituyen una parte fundamental del sistema eléctrico, estos constituyen el enlace entre sistemas de diferente nivel de tensión. Lo ideal es que los transformadores realicen su trabajo de manera eficiente, garantizando la disponibilidad, confiabilidad y por ende continuidad del servicio, todo esto puede ser logrado con un adecuado plan de mantenimiento, para así poder identificar oportunamente problemas y/o fallas incipientes, con el objetivo de tomar acciones de manera oportuna.

Una frase muy empleada en el área de los transformadores de potencia, es la que habla sobre su aislamiento sólido, la cual sostiene que: *la vida del transformador es la vida del papel*<sup>1</sup>; es decir, que a mayor sea el deterioro del aislamiento sólido del transformador, más propenso es este a sufrir una falla y dejar de cumplir su función, pudiendo ocasionar perjuicios directos o indirectos, tanto económicos, sociales y medioambientales.

En general, el aumento de carga, la falta de mantenimiento entre otros ocasiona la degradación del aislamiento sólido de los transformadores, ya que la temperatura se eleva y esto origina gases, también la humedad aumenta y aparecen otros compuestos perjudiciales.

---

<sup>1</sup> Estimation of the remaining service life of power transformers and their insulation

El análisis de grado de polimerización es un método directo, que nos brinda una lectura de la situación del aislamiento sólido y por ende nos indicará si el estado del papel y la resistencia mecánica son adecuados para que el transformador pueda continuar operando con normalidad. Esto es muy importante ya que si un transformador de potencia es retirado de operación antes de tiempo, se estará desaprovechando un activo de un costo sumamente alto, lo que supone una utilización poco eficiente de los activos disponibles; si por el contrario no se retirase de operación un transformador que se encuentre en el final de su vida útil, se corre el riesgo de fallas repentinas, lo que genera multas, mala imagen empresarial, daños medioambientales, daños sociales, pérdidas económicas en la industria, minería, hogares, etc.

Motivo por el cual, la presente de tesis tiene como objetivo desarrollar una metodología del análisis y diagnóstico del estado del aislamiento sólido de los transformadores de potencia mediante el análisis de grado de polimerización, lo cual será una herramienta importante para la toma de decisiones.

Además se realizará una comparación entre los dos métodos indirectos existentes y el método directo utilizado para determinar el grado de polimerización, identificado claramente las ventajas técnicas y económicas del método directo en relación a los otros métodos descritos, además se presentarán resultados que avalen la implementación de la metodología. De igual forma se analizará económicamente la implementación de la metodología del análisis y diagnóstico del estado del aislamiento sólido de los transformadores de potencia.

## ABSTRACT

Nowadays power transformers constitute a fundamental part of the electrical system, these constitute the link between systems of different voltage level. Ideally, transformers should carry out their work efficiently, guaranteeing availability, reliability and thus continuity of service, all of which can be achieved with an adequate maintenance plan, so as to be able to identify early problems and/or failures, with the goal of taking action in a timely manner.

A phrase widely used in the area of power transformers is the one that talks about its solid isolation, which holds that: *the life of the transformer is the life of the paper*; That is to say, the greater the deterioration of the solid insulation of the transformer, the more likely it is that it will suffer a failure and stop fulfilling its function, causing direct or indirect damages, both economic, social and environmental.

Generally, increased load, lack of maintenance among others causes degradation of the solid insulation of the transformers, since the temperature rises and this causes gases, also the humidity increases and other harmful compounds appear.

The degree of polymerization analysis is a direct method, which gives us a reading of the solid insulation situation and therefore will indicate if the paper state and the mechanical strength are adequate so that the transformer can

continue to operate normally. This is very important because if a power transformer is withdrawn from operation ahead of time, an asset will be wasted at an extremely high cost, which implies an inefficient use of available assets; If a transformer that is at the end of its useful life is not withdrawn from operation, there is a risk of sudden failures, resulting in fines, bad corporate image, environmental damage, social damages, economic losses in the industry, mining, households, etc.

The purpose of this thesis is to develop a methodology for the analysis and diagnosis of the solid state of the power transformers through the analysis of degree of polymerization, which will be an important tool for decision making.

In addition, a comparison will be made between the two existing indirect methods and the direct method used to determine the degree of polymerization, clearly identifying the technical and economic advantages of the direct method in relation to the other methods described, and presenting results that support the implementation of the methodology. Similarly, the implementation of the methodology for analysis and diagnosis of the solid state of the power transformers will be analyzed economically.